

Controller for electric vehicle or hybrid vehicle gearbox

Patent number: DE4438914
Publication date: 1996-05-09
Inventor: WEIMER JUERGEN (DE)
Applicant: WEIMER JUERGEN (DE)
Classification:
- **International:** F16H59/14; F16H59/36; F16H59/78; B60L15/00
- **European:** B60K41/06E; B60L15/20G
Application number: DE19944438914 19941103
Priority number(s): DE19944438914 19941103

Abstract of DE4438914

To control gear-changing of an automatic gearbox in an electric vehicle or hybrid car, the controller selects the gear giving the lowest overall loss. In a functional unit for gear selection are stored the optimum characteristics of tractive force versus wheel speed. All time-dependent system variables influencing the losses are considered when a characteristic is being matched, such as the gearbox temperature, the battery voltage at idle and its internal resistance. To avoid oscillations during gear changing when the torque is medium to high, the characteristics are displaced towards higher speeds, creating some hysteresis. The total losses are calculated in real-time for the instantaneous gear and for those on either side to find the optimum switching point.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 38 914 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
F 16 H 59/14
F 16 H 59/36
F 16 H 59/78
B 60 L 15/00

②① Aktenzeichen: P 44 38 914.0
②② Anmeldetag: 3. 11. 94
②③ Offenlegungstag: 9. 5. 96

DE 44 38 914 A 1

⑦① Anmelder:
Weimer, Jürgen, 67678 Mehlingen, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 36 28 490 C2
DE 43 05 054 A1
DE 43 04 779 A1
DE 42 43 394 A1
US 52 87 772
US 52 33 523
US 41 74 645

GUTBERIET, Heiner;
u.a.: Einfach-Elektro-Antriebe mit nachgeschaltetem
Getriebe. In: etz-a Bd.98, 1977, H.1, S.32-37;
KAHLEN, Hans: Antriebe für
Elektrospeicherfahrzeuge im Stadtverkehr. In:
BBC-Nachrichten, 1976, H.10/ 11, S.402-409;

⑤④ Getriebesteuerung für Elektrofahrzeuge

DE 44 38 914 A 1

Die Erfindung betrifft ein Steuergerät für ein automatisches Getriebe nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Bei einem Elektrofahrzeug muß der Energieverbrauch möglichst gering sein um bei dem begrenzten Energieinhalt des Energiespeichers eine ausreichende Reichweite zu erzielen. Neben der Optimierung des Wirkungsgrades einzelner Antriebskomponenten kann auch durch eine energieverbrauchsgünstige Steuerung des Getriebes die Reichweite erhöht werden.

Es ist bekannt, daß diese Möglichkeit in Getriebesteuerungen für Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und einem Automatikgetriebe zur Verringerung des Benzinverbrauchs genutzt wird. So beziehen sich die DE 39 28 814 C2, DE 41 11 644 A1 und DE 39 22 051 C2 alle auf ein mit einer Brennkraftmaschine ausgerüstetes Fahrzeug.

Bei Fahrzeugen mit Elektroantrieb sind diese Steuergeräte jedoch nicht einsetzbar.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung eine Getriebe-steuereinrichtung für ein automatisches Getriebe zu schaffen, die in Fahrzeugen mit Elektroantrieb eingesetzt werden kann. Mit dieser Getriebe-steuereinrichtung ist es auch möglich den Energieverbrauch des Elektrofahrzeuges zu verringern.

Die Vorteile der Erfindung sind darin zu sehen, daß erstmalig ein Getriebe-steuergerät für Elektrofahrzeuge eingesetzt werden kann. Zum verbrauchsoptimalen Schalten werden für die Gangwahlfunktion drei verschiedenen Verfahren vorgeschlagen. Beim ersten Verfahren werden im Getriebe-steuergerät verbrauchsoptimale Schaltlinien abgelegt. Diese optimalen Schaltlinien berücksichtigen alle Verluste in den Teilsystemen Batterie, Leistungsstellglied, Elektromotor, Getriebe und Zusatzverbraucher. Bei der zweiten Variante werden zeitlich nicht konstante Einflußparameter auf die Verluste durch eine Adaptierung der optimalen Schaltlinie berücksichtigt. Das dritte Verfahren arbeitet ohne optimale Schaltlinien. Hier werden die momentanen Verluste in Echtzeit berechnet und zur Gangwahl herangezogen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der folgenden Zeichnungen erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 Antriebsstruktur für ein Elektrofahrzeug,

Fig. 2 Struktur des Getriebe-steuergerätes,

Fig. 3 Ablauf eines Schaltvorgangs,

Fig. 4 Optimale Schaltlinien (theoretisch),

Fig. 5 Optimale Schaltlinien (real),

Fig. 6 Einfluß der Getriebetemperatur auf die optimale Schaltlinie I-II,

Fig. 7 Einfluß der Motortemperatur auf die optimale Schaltlinie I-II,

Fig. 8 Einfluß des Entladegrades der Batterie auf die optimale Schaltlinie I-II,

Fig. 9 Leerlaufspannung und Innenwiderstand einer Bleibatterie als Funktion des Ladezustands,

Fig. 10 Korrekturfaktoren zur Adaptierung der optimalen Schaltlinie (OSL).

Der Gesamtantrieb (Fig. 1) besteht aus den Rädern (1), einem Achsgetriebe (2), einem Schaltgetriebe (3), dem Getriebe-steuergerät (5) mit dem dazugehörigen Stellglied (4), einem Antriebsmotor (6) einem Leistungsstellglied (7), der Fahrzeug- und Motorsteuerung (8) und dem Energiespeicher (9).

Bei dem Getriebe (3) handelt es sich um ein mehrstufiges Schaltgetriebe. Die Stufenzahl ist beliebig aber grö-

ßer als Eins. Die Getriebebauform ist ebenfalls beliebig. Üblich sind Vorgelege- oder Planetengetriebe. Das Getriebe dient zur Drehzahl-Drehmomentenanpassung des Antriebsmotors an die Anforderungen die durch das Fahrzeug gestellt werden. Das Getriebe kann lastschaltbar oder nicht-lastschaltbar sein.

Das Schaltgetriebe (3) verfügt über eine geeignete Schalteinrichtung oder ein Getriebestellglied (4), welches das Bewegen der Getriebe-schalt-elemente (z. B. Kupplungen) bei den Schaltvorgängen ermöglicht. Diese Bewegung wird von dem Getriebe-steuergerät (5) ausgelöst. Die Art des Stellgliedes und die Art der hierzu benötigten Hilfskraft ist beliebig. Möglich sind z. B. elektromotorische, elektromagnetische, hydraulische und pneumatische Stellglieder.

Bei dem Antriebsmotor (6) handelt es sich um einen beliebigen Elektromotor. Einsetzbare Typen sind z. B. Gleichstrom-, Asynchron-, Synchron-, permanent erregte Synchron-, Reluktanz- und Brushless DC-Maschinen.

Der Antriebsmotor (6) wird über ein elektronisches Leistungsstellglied (7) mit Energie versorgt. Das Leistungsstellglied (7) ist passend zum Motortyp gewählt und wird über die Fahrzeug- und Motorsteuerung (8) angesteuert. Eine weitere Aufgabe der Fahrzeugsteuerung ist z. B. das Erzeugen der Stromsollwerte aus der Gas- und Bremspedalstellung, Vorwärts- Rückwärtsumschaltung, Losfahrschutz, Tempomat usw.

Als Energiespeicher (9) können verschiedene Systeme zum Einsatz kommen, z. B. Brennstoffzellen, Batterien, oder auch ein Generator einschließlich Verbrennungsmotor (serieller Hybrid). Die Fahrzeug- und Motorsteuerung (8) und die Getriebe-steuerung (5) sind miteinander über eine analoge oder digitale Schnittstellen verbunden.

Bei der Realisierung der verschiedenen Steuergeräte (5, 8) (Hardware), kann es sich um eine elektronische Schaltung oder um einen Kleinrechner (z. B. Microcontroller) handeln. Die Funktionen der Fahrzeug- und Motorsteuerung und der Getriebe-steuerung können auch in einem gemeinsamen elektronischen Gerät realisiert werden.

Die Struktur des Getriebe-steuergerätes ist in Fig. 2 dargestellt. Das Schaltgetriebe (7) benötigt zum Schalten mehrere Kupplungen die gemeinsam über eine Schaltwelle bewegt werden können (6). Bei der beschriebenen Getriebe-steuerung werden an die Schaltwelle des Getriebes zwei Stellglieder (5) so angebaut daß alle Kupplungen geschaltet werden können. Eine Ansteuerung der einzelnen Kupplungen ist ebenfalls möglich, sofern die hierfür nötigen Stellglieder vorhanden sind.

Die Stellglieder (5) werden über die im Getriebe-steuergerät vorgesehenen Treiberbausteine (4) angesteuert.

Das Getriebe-steuergerät besitzt mehrere Funktionsblöcke, die Schaltablaufsteuerung (3), die Gangwahl (2), den Synchronisierblock (10) und den Kommunikationsblock (9). Der notwendige Datenaustausch zwischen der Fahrzeug- und Motorsteuerung (1) und dem Kommunikationsblock (9) erfolgt über eine Bus-Schnittstelle oder über Steuerleitungen.

Im Folgenden wird die Schaltablaufsteuerung für ein automatisiertes nichtlastschaltbares Getriebe beschrieben. Das Flußdiagramm des Schaltablaufs ist in Fig. 3 dargestellt.

Die Schaltablaufsteuerung (3) erhält von dem Gangwahlblock (2) lediglich die Signale "Schalten" und den gewünschten Gang. Die Ansteuersignale für die Stellglieder werden von der Schaltablaufsteuerung be-

stimmt. Hierbei müssen die Stellungen der Stellglieder berücksichtigt werden.

Zu Beginn des Schaltvorgangs wird der Sollwert für die Motorstromregelung gesperrt um den Antriebsstrang zu entlasten. Es folgt eine Auskuppelphase in der das Stellglied in die Leerlaufstellung schaltet. Wenn die Leerlaufstellung erreicht ist muß die Motordrehzahl und auf die synchrone Drehzahl des gewünschten Ganges geregelt werden. Der Drehzahlregler ist jedoch Teil der Motorenregelung und muß über die Signalleitungen (Bus) gesteuert werden. Der Synchronisiervorgang wird durch die Schaltablaufsteuerung gestartet. Damit wird nun von dem Synchronisierblock kontinuierlich der Drehzahlsollwert aus der Achsdrehzahl und dem gewünschten Gang berechnet und über den Kommunikationsblock (9) zum Drehzahlregler in der Motorsteuerung (1) übertragen. Zur Überprüfung ob die synchrone Drehzahl erreicht ist, benötigt die Schaltablaufsteuerung eine Rückmeldung. Hierzu wird im Synchronisierblock die Drehzahlabweichung ermittelt. Ist die synchrone Drehzahl erreicht, kann die Schaltablaufsteuerung einen Schritt weiter gehen. Es wird in den neuen Gang eingekuppelt. Wenn der Einkuppelvorgang beendet ist, wird der Drehzahlregler abgeschaltet und der Fahrsollwert wieder freigegeben. Der Schaltvorgang ist beendet.

Für eine störungsfreien Schaltvorgang sind verschiedene Überwachungsfunktionen nötig die in Fig. 3 als Fehlerabfrage zu erkennen sind. Die Überwachungsfunktionen sind die Stellungsrückmeldungen, die Synchronlaufrückmeldung und die Überwachung — der Datenübertragung über den Bus. Es werden gegebenenfalls entsprechende Fehler Routinen abgearbeitet.

Die beschriebene Schaltablaufsteuerung ist für ein automatisiertes nicht lastschaltbares Schaltgetriebe. Kommt ein lastschaltbares Getriebe zum Einsatz, so muß lediglich die Schaltablaufsteuerung angepaßt werden. Die anderen Funktionen bleiben unverändert.

Nachfolgend sollen die im Getriebesteuergerät realisierten Gangwahlfunktionen erläutert werden. Dies sind: ein einfaches Steuerverfahren, ein erweitertes adaptiertes Steuerverfahren und ein Steuerverfahren mittels Echtzeitberechnung der Verluste.

Zuerst erfolgt unter Bezugnahme auf Fig. 4 und Fig. 5 die Beschreibung des einfachen Steuerverfahrens.

Bei diesem Steuerverfahren sind die optimalen Schaltlinien als feste Kennlinien gespeichert. Zur Schaltungspunktbestimmung ermittelt das Getriebesteuergerät unter Berücksichtigung verschiedener Istwertsignale, wie z. B. Achsdrehzahl und Drehmoment oder Motorstrom, aus den optimalen Schaltlinien den Umschaltzeitpunkt.

Die im Getriebesteuergerät abgelegten optimalen Schaltlinien sind Fahrzeugspezifisch und müssen für den gesamten Antrieb berechnet werden. Ein Beispiel für die berechneten optimalen Schaltlinien bei einem Antrieb mit einem Viergang-Schaltgetriebe zeigt Fig. 4. Bei der Berechnung werden alle Verluste in den Teilsystemen Batterie, Leistungstellglied, Elektromotor, Getriebe und Zusatzverbraucher berücksichtigt. Bei Elektroantrieben ist im Gegensatz zu Antrieben mit Brennkraftmaschinen die Berücksichtigung aller Verluste notwendig. So wird in ATZ 94 (1992) S. 134—141 für optimierte Getriebe in Verbindung mit Brennkraftmaschinen gezeigt, daß zur Ermittlung der verbrauchsgünstigsten Umschaltunkte lediglich das Verbrauchskennfeld des Verbrennungsmotors herangezogen wird.

Eine weitere Besonderheit bei den hier vorgestellten

optimalen Schaltlinien ist, daß sie praktisch aus zwei Teilen besteht. Durch die Möglichkeit des elektrischen Bremsens können auch negative Zugkräfte (Bremsmomente) auftreten. Bremsschaltungen werden bei Antrieben mit automatisierten Getrieben (nichtschtaltbar) unterdrückt. Lediglich die Ausrollschaltungen (Motorstrom ist Null) sind zugelassen. Bei dem Einsatz des Getriebesteuergerätes mit einem lastschaltbaren Getriebe können auch die Bremsschaltungen zugelassen werden. Dies bedeutet, daß hier die optimalen Schaltlinienzweige bei negativen Zugkräften mit berücksichtigt werden.

Die ermittelten optimalen Schaltlinien (Fig. 4) müssen jedoch für den praktischen Einsatz modifiziert werden. Insbesondere der annähernd parallele Verlauf der drei optimalen Schaltlinien bei niedrigen Zugkräften führt zu Schaltpendelungen. Aus dem selben Grund ist die Einführung eine angepaßten Schalthysterese notwendig. Hierzu wird die Hochschaltlinie vorzugsweise zu höheren Drehzahlen hin verschoben.

Die optimalen Schaltlinien bestehen in der einfachsten Form aus einer Tabelle mit Wertepaaren aus Achsdrehmoment und Achsdrehzahl (Geschwindigkeit). Da das Achsdrehmoment in den meisten Antriebssystemen nicht als Istwert (Meßwert) zur Verfügung steht werden die zu den Drehmomenten gehörigen Motorströme berechnet. In den Tabellen der optimalen Schaltlinien werden dann Wertepaare aus Motorströmen und Achsdrehzahlen abgelegt.

Ein Beispiel für optimale Schaltlinien bei denen die oben genannten Modifikationen durchgeführt wurden zeigt Fig. 5.

Nachfolgend soll nun unter Bezugnahme der Fig. 6—9 ein erweitertes Verfahren zur Gangauswahl mit adaptierten optimalen Schaltlinien beschrieben werden.

Verschiedene Systemgröße des Antriebs sind beim Fahren nicht konstant, obwohl sie bei der Berechnung der oben beschriebenen optimalen Schaltlinien als konstant angenommen werden mußten. Hier sind insbesondere die Getriebe- und Motortemperatur und der Ladezustand des Energiespeichers zu nennen. Die Fig. 6—8 zeigen die Einflüsse verschiedene Parameter auf die optimalen Schaltlinien. Wegen der besseren Übersicht ist in den Fig. 6—8 nur noch eine optimale Schaltlinie dargestellt.

In Fig. 6 ist der Einfluß der Getriebeöltemperatur auf die optimale Schaltlinie dargestellt. Fig. 7 zeigt den Einfluß der Motortemperatur am Beispiel der Temperatur im Ankerkreis einer Gleichstrommaschine und Fig. 8 den Einfluß des Entladezustands der Batterie am Beispiel einer Bleibatterie. Zur Verdeutlichung des Letzteren sind in Fig. 9 die Systemgrößen Zellspannung und Innenwiderstand der Batterie in Abhängigkeit von dem Entladegrad aufgetragen.

Wie man an den hier gezeigten Bildern (Fig. 6—8) erkennt ist die optimale Schaltlinie nicht konstant. Die genannten Einflußparameter werden bei der adaptierten Schaltungspunktberechnung berücksichtigt. Basierend auf den optimalen Schaltlinien ohne Parameteradaptation (Fig. 4—5) werden Korrekturfaktoren eingeführt welche die Einflußparameter berücksichtigen.

In Fig. 10 zeigt Gleichung (1) eine allgemeine Darstellung einer optimalen Schaltlinie als Tabelle. Gleichung (2) ist eine Tabelle für eine adaptierte Schaltlinie.

In den Gleichungen (3) und (4) werden für die Parameteradaptation die Korrekturfaktoren k_B , k_M und k_G eingeführt. Der Faktor k_B berücksichtigt den Ladezu-

stand der Batterie, k_M die Motortemperatur und k_G die Getriebetemperatur.

Zur Berechnung von k_B (5) braucht man die aktuellen Werte der Batterieerlaufspannung und den momentanen Innenwiderstand. Beide Werte beschreiben zusammen den Entladezustand der Batterie und können in der Fahrzeug- und Motorsteuerung (oder falls vorhanden im Batteriemanagement) ermittelt werden. Die Werte werden dann zur Getriebesteuerung übertragen.

Bei der Berechnung von k_M (6) wird der Einfluß der Motortemperatur kompensiert. Der Momentanwert der Motortemperatur wird ebenfalls schon durch die Motorsteuerung gemessen. Der Wert wird zum Getriebesteuergerät übertragen.

Zur Berechnung von k_G (7) benötigt man den Momentanwert der Getriebetemperatur. Diese Größe wird durch das Getriebesteuergerät ermittelt.

Soll nur ein Einflußparameter, z. B. der Ladezustand des Energiespeichers, bei der Adaptierung der optimalen Schaltlinie berücksichtigt werden, so besteht auch die Möglichkeit mehrere Kennlinien (Kennlinienschar oder auch ein Kennfeld) im Speicher abzulegen. Bei einer größeren Anzahl von berücksichtigten Parametern ist diese Möglichkeit nicht mehr praktikierbar, es muß die oben beschriebene Adaptierung mit Korrekturfaktoren benutzt werden.

Im Folgenden wird die dritte Realisierungsmöglichkeit der Gangwahlfunktion beschrieben.

Eine weitere Möglichkeit für die optimale Gangwahl ist eine Echtzeitberechnung der momentanen Verluste und Wirkungsgrade in den verschiedenen Gangstufen. Hierzu wird im aktuellen Gang g und für die Gänge $g+1$ und $g-1$ die momentanen Gesamtverluste berechnet. Dabei werden alle Verlustquellen des gesamten Antriebssystems berücksichtigt. Durch den Vergleich der Verluste in den verschiedenen Gängen kann man eine Entscheidung treffen in welchem Gang die gesamten Verluste am geringsten sind und der Gesamtwirkungsgrad am größten. Sind die Verluste im aktuellen Gang am geringsten erfolgt kein Schaltvorgang. Sind die Verluste im einem anderen Gang ($g+1$ oder $g-1$) geringer, so wird ein Schaltvorgang in den Gang mit den geringsten Verlusten ausgeführt. Um Schaltpendelungen zu vermeiden müssen die Verluste im Gang $g+1$ oder $g-1$ aber um einen Mindestbetrag geringer sein als im Gang g . Hierdurch wird ein Hystereseeffekt erzielt. Um auch Schaltpendelungen bei kleinen Leistungen zu vermeiden werden Hochschaltungen erst ab einer Mindestgeschwindigkeit zugelassen.

Anzeige des optimalen Gangs

Besitzt das beschriebene Getriebe kein Stellglied zum automatischen Schalten der Gänge, so kann das Getriebesteuergerät dazu benutzt werden eine Anzeige anzuzeigen, die dem Fahrer anzeigt in welchem Gang die Verluste am geringsten sind.

Patentansprüche

1. Steuergerät zur Steuerung des Gangwechsels eines automatisch schaltbaren Getriebes eines insbesondere mit einem Elektromotor angetriebenen Elektro- oder Hybridfahrzeugs dadurch gekennzeichnet, daß durch das Steuergerät automatisch der Gang gewählt wird, in dem die gesamten Verluste im Antriebssystem am geringsten sind.
2. Steuergerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Funktionsblock "Gangwahl" die optimalen Schaltlinien als konstante Kennlinien

abgespeichert sind.

3. Steuergerät nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Funktionsblock "Gangwahl" die Einflüsse aller zeitabhängigen, die Verluste beeinflussenden Systemgrößen über eine Anpassung der optimalen Schaltlinie berücksichtigt werden.

4. Steuergerät nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die optimalen Schaltlinien so angepaßt werden, daß die Einflüsse der Getriebetemperatur auf die optimalen Schaltlinien berücksichtigt sind.

5. Steuergerät nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die optimalen Schaltlinien so angepaßt werden, daß die Einflüsse der Motortemperatur auf die optimalen Schaltlinien berücksichtigt sind.

6. Steuergerät nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die optimalen Schaltlinien so angepaßt werden, daß die Einflüsse der Batterieerlaufspannung auf die optimalen Schaltlinien berücksichtigt sind.

7. Steuergerät nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die optimalen Schaltlinien so angepaßt werden, daß die Einflüsse des Batterieinnenwiderstands auf die optimalen Schaltlinien berücksichtigt sind.

8. Steuergerät nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zum Vermeiden von Schaltpendelungen insbesondere im Bereich niedriger Antriebsmomente und niedriger Motorendrehzahlen von der optimalen Schaltlinie abgewichen wird.

9. Steuergerät nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zum Vermeiden von Schaltpendelungen insbesondere im Bereich mittlerer bis zu maximalen Antriebsmomenten die Hochschaltlinien zu höheren Geschwindigkeiten verschoben werden und dadurch eine Hysteresis entsteht.

10. Steuergerät nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß auch beim elektrischem Bremsen und der Steuerung eines lastschaltbaren Getriebes optimale Schaltlinien zur Schaltpunktauswahl herangezogen werden.

11. Steuergerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamten Verluste im Antriebssystem, im momentan gewählten Gang, in einer höheren und einer niedrigeren Gangstufe, in Echtzeit berechnet werden und durch Vergleich der berechneten Verluste der optimale Umschaltpunkt bestimmt wird.

12. Steuergerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem handgeschaltetem Getriebe die optimalen Schaltlinien zum Anzeigen des optimalen Ganges genutzt werden können und der Fahrer gegebenenfalls manuell schaltet.

13. Steuergerät nach Anspruch 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionen des Steuergerätes auch in einem vorhandenen Fahrzeug- und Motorsteuergerät mit bearbeitet werden, was bedeutet, daß nur eine gemeinsame Hardware für die Antriebs- und Getriebesteuerung notwendig ist.

14. Steuergerät nach Anspruch 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Schaltvorgang die Motordrehzahl elektrisch auf die dem gewählten Gang entsprechende Drehzahl synchronisiert wird.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

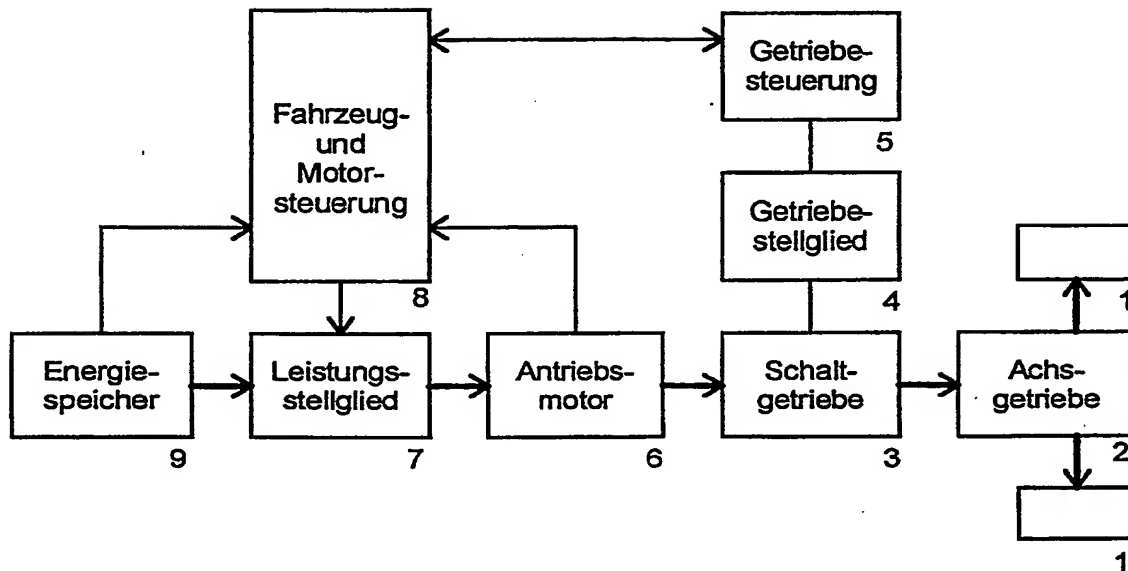


FIG. 1 Antriebsstruktur für ein Elektrofahrzeug

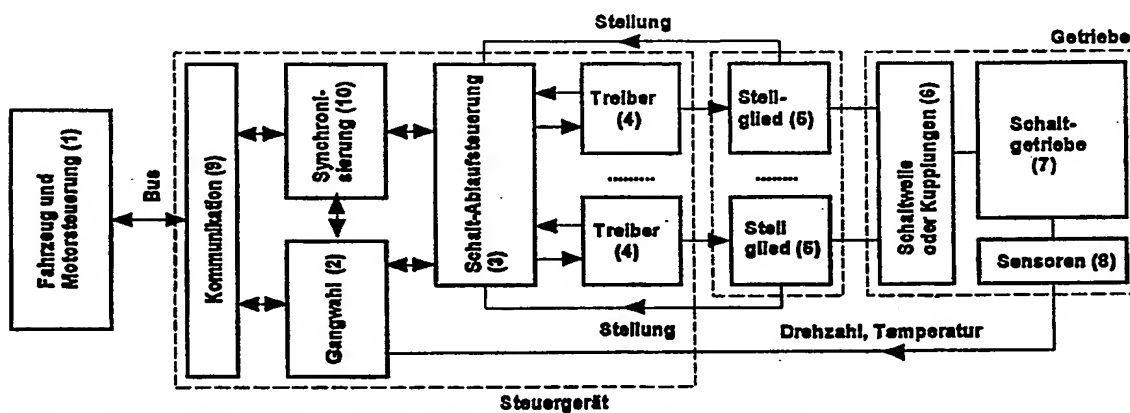


FIG. 2 Struktur des Getriebesteuergerätes

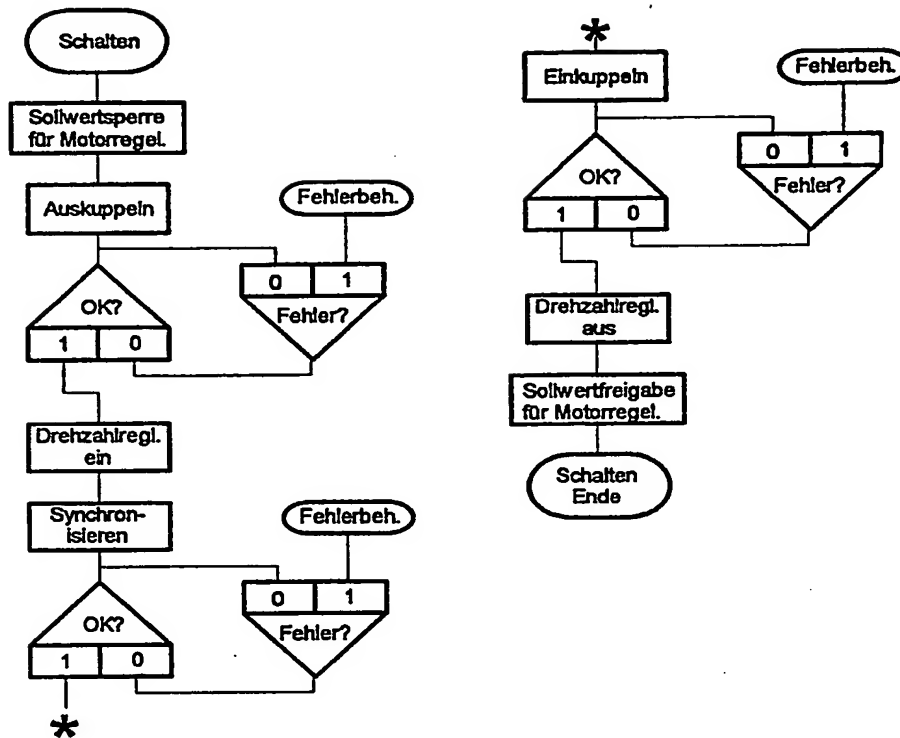


FIG. 3 Ablauf eines Schaltvorgangs

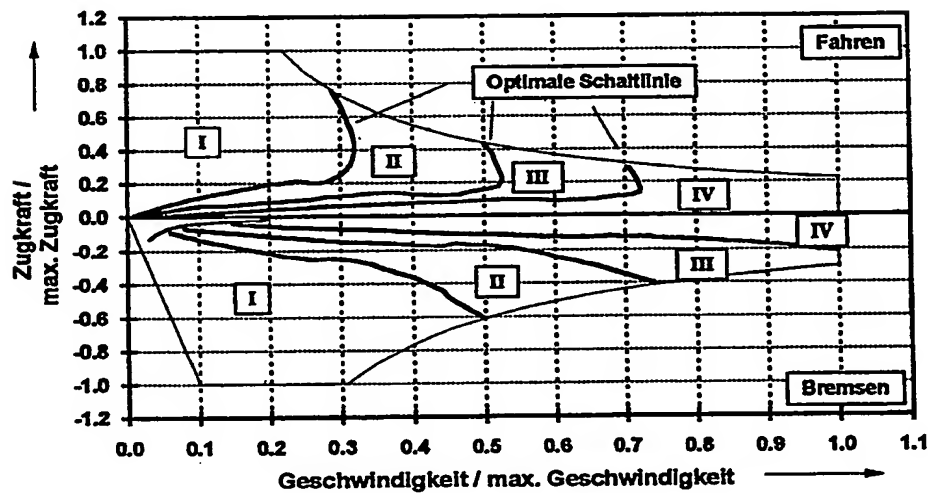


FIG. 4 Optimale Schaltlinien (theoretisch)

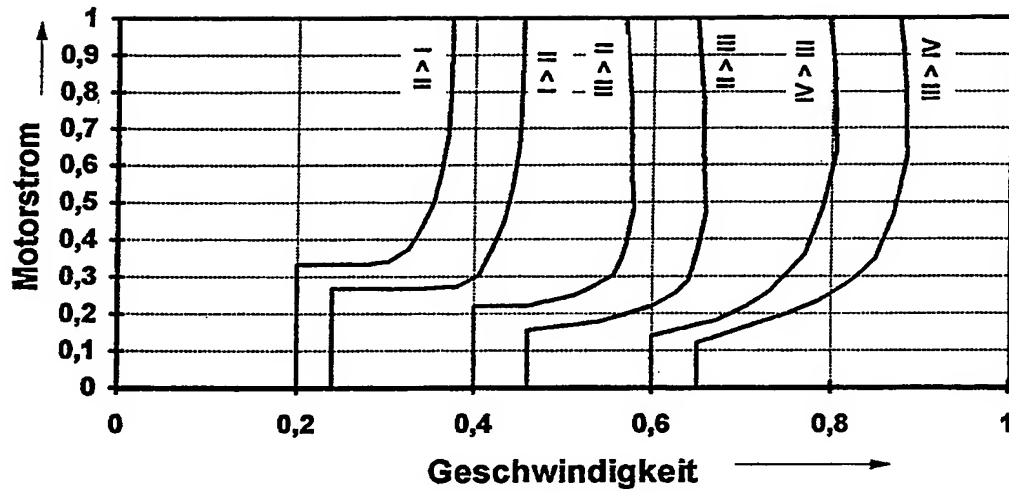


FIG. 5 Optimale Schaltlinien (real)

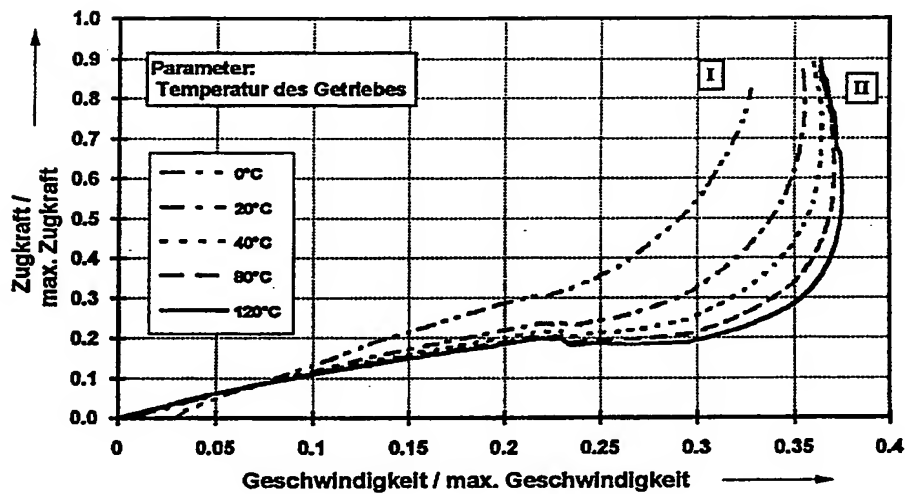


FIG. 6 Einfluß der Getriebetemperatur auf die optimale Schaltlinie I-II

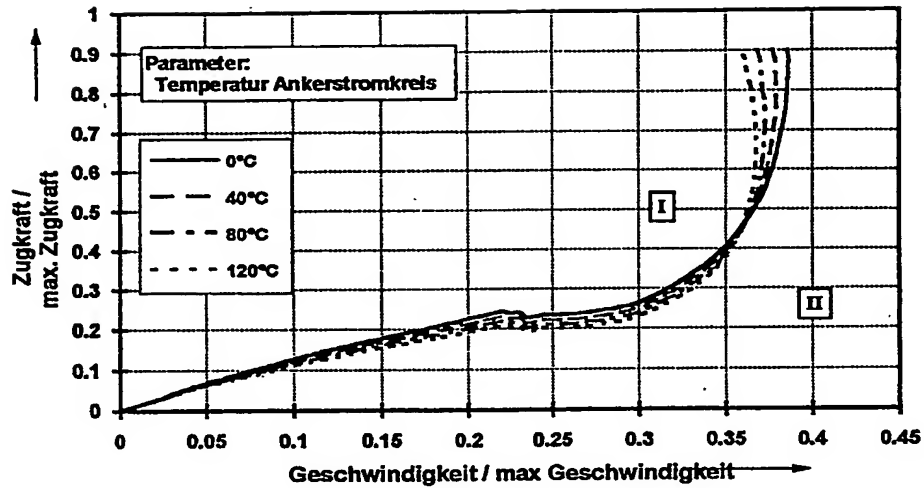


FIG. 7 Einfluß der Motortemperatur auf die optimale Schaltlinie I-II

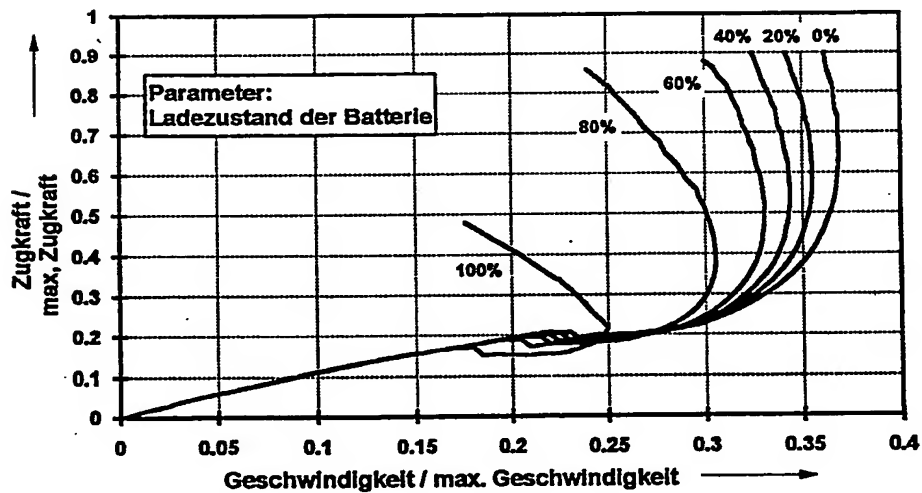


FIG. 8 Einfluß des Entladegrades der Batterie auf die optimale Schaltlinie I-II

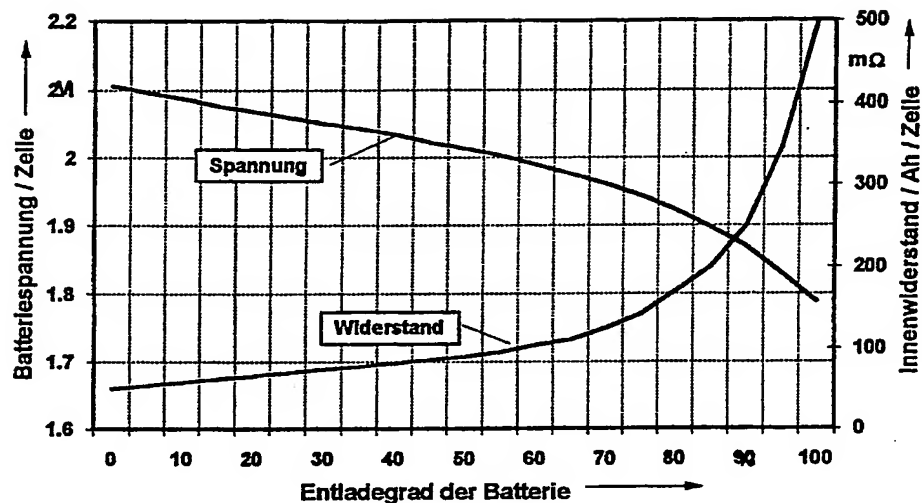


FIG. 9 Leerlaufspannung und Innenwiderstand einer Bleibatterie als Funktion des Ladezustands

$$OSL = [(v_1, I_1); (v_2, I_2); \dots; (v_n, I_n)] \quad (1)$$

$$OSL_{ad} = [(v_{1(ad)}, I_{1(ad)}); (v_{2(ad)}, I_{2(ad)}); \dots; (v_{n(ad)}, I_{n(ad)})] \quad (2)$$

$$v_{n(ad)} = v_n \cdot k_B \cdot k_M \quad (3)$$

$$I_{n(ad)} = I_n \cdot k_G \quad (4)$$

$$k_B = (1 + B_1 \cdot (1 - U_{B0}/U'_{B0}) + B_2 \cdot (1 - R_1/R'_1) \cdot I_B/I'_B) \quad (5)$$

$$k_M = (1 - M_1 \cdot (T_M/T'_M - 1) \cdot (I_M/I'_M - M_2)) \quad (6)$$

$$k_G = (1 - G_1 \cdot \text{LOG}(\vartheta_G/\vartheta'_G) \cdot v/v') \quad (7)$$

FIG.10 Korrekturfaktoren zur Adaptierung der optimalen Schaltlinie (OSL)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☒ OTHER: Small text

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)